

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013371125 **Image available**
WPI Acc No: 2000-543064/200049
XRPX Acc No: N00-401753

Portable piezoelectric actuator for time piece using vibrating board
Patent Assignee: SEIKO EPSON CORP (SHIH)
Inventor: FUNASAKA T; FURUHATA M; HASHIMOTO Y; MIYAZAWA O
Number of Countries: 022 Number of Patents: 008
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 200038309	A1	20000629	WO 99JP4877	A	19990908	200049 B
JP 2000188882	A	20000704	JP 98363543	A	19981221	200049
JP 2000188888	A	20000704	JP 98363550	A	19981221	200049
JP 2000245179	A	20000908	JP 99361315	A	19991220	200058
JP 2000333480	A	20001130	JP 99250225	A	19990903	200102
EP 1075079	A1	20010207	EP 99943216	A	19990908	200109
			WO 99JP4877	A	19990908	
CN 1291373	A	20010411	CN 99803151	A	19990908	200140
JP 2003250284	A	20030905	JP 99250225	A	19990903	200359
			JP 200315252	A	19990903	

Priority Applications (No Type Date): JP 99250225 A 19990903; JP 98363543 A 19981221; JP 98363546 A 19981221; JP 98363550 A 19981221; JP 9969158 A 19990315

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
WO 200038309	A1	J	88	H02N-002/00	
Designated States (National): CN US					
Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE					
JP 2000188882	A		19	H02N-002/00	
JP 2000188888	A		10	H02N-002/00	
JP 2000245179	A		13	H02N-002/00	
JP 2000333480	A		16	H02N-002/00	
EP 1075079	A1	E		H02N-002/00	Based on patent WO 200038309
Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE					
CN 1291373	A			H02N-002/00	
JP 2003250284	A		14	H02N-002/00	Div ex application JP 99250225

Abstract (Basic): WO 200038309 A1

NOVELTY - The vibration board (10) in contact with the periphery of rotor (100) is vibrated to the right and left by the application of voltage from a driver circuit. The rotor rotates clockwise with the displacement of the projection (36).

USE - None given.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a block diagram of a piezoelectric actuator.

Vibration board (10)

Projection (36)

Rotor (100)

pp; 88 DwgNo 3/65

Title Terms: PORTABLE; PIEZOELECTRIC; ACTUATE; TIME; PIECE; VIBRATION; BOARD

Derwent Class: S04; V06

International Patent Class (Main): H02N-002/00

International Patent Class (Additional): B41J-002/02; G03B-009/08;

G04B-019/24; G04C-003/12; H01L-041/09

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S04-B05; V06-M06D; V06-U12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-245179

(P2000-245179A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 2 N 2/00		H 0 2 N 2/00	C
G 0 4 B 19/24		G 0 4 B 19/24	A
G 0 4 C 3/12		G 0 4 C 3/12	A
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	K

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-361315

(22) 出願日 平成11年12月20日(1999. 12. 20)

(31) 優先権主張番号 特願平10-363548

(32) 優先日 平成10年12月21日(1998. 12. 21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 橋本 泰治

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 宮澤 修

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100098084

弁理士 川▲崎▼ 研二

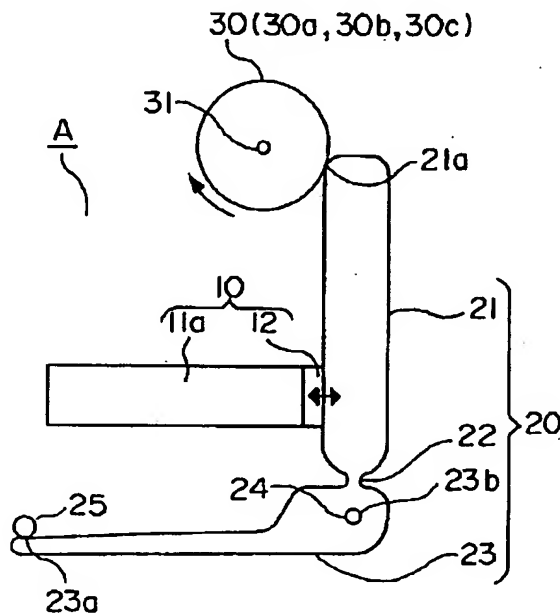
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ、携帯機器および時計

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子の振動を効率よくロータに伝達する。

【解決手段】 圧電アクチュエータAは、板状の振動板10とステータ20とを備えている。振動板10が振動すると、ステータ20の可動部21は面内方向に屈曲振動する。可動部21の端部21aはロータ30の外周面に接触している。ここで、端部21aは曲面形状をしているから、部品の取り付け精度が多少ばらついても良好な接触状態を保つことができる。この結果、ロータ30を大きな駆動力で時計回りに回転させることが可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 面内方向に回転可能に支持された円板状の回転体と、

前記回転体の外周面と接触する曲面形状をした端部を有し、この端部が面内方向に変位することにより前記回転体を回転させる板状の可動部と、

この可動部に結合され、圧電素子を設けた板状の振動板とを備えることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 前記可動部の端部は、面内方向で曲面形状をしていることを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項3】 前記可動部は長手方向に細長い形状をしており、その幅方向の中心を結ぶ中心線を延長した線から前記回転体の回転中心をずらすように前記回転体を配置することを特徴とする請求項2に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項4】 前記可動部の端部は、面内方向と垂直な方向で曲面形状をしていることを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項5】 前記回転体の外周面にV字状の溝を形成したことを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項6】 前記回転体の外周面の硬度が前記可動部の端部の硬度よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項7】 前記回転体の外周面には硬化処理が施されていることを特徴とする請求項6に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項8】 前記可動部の端部は、耐摩耗材で形成されていることを特徴とする請求項6に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項9】 前記回転体の外周面には、表面を円滑化する円滑化処理が施されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項10】 前記可動部の端部には、表面を円滑化する円滑化処理が施されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項11】 前記可動部を前記回転体に付勢する付勢手段を備えることを特徴とする請求項1乃至10のうちいずれか1項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項12】 前記可動部の固有振動周波数とほぼ等しい周波数を有する駆動信号を前記圧電素子に供給する駆動手段を備えることを特徴とする請求項1乃至12のうちいずれか1項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項13】 請求項12に記載の圧電アクチュエータと、

この圧電アクチュエータに電力を給電する電池とを備えたことを特徴とする携帯機器。

【請求項14】 請求項12に記載の圧電アクチュエータと、

この圧電アクチュエータに電力を給電する電池と、前記回転体と連動する輪列と、

この輪列と連動して回転するリング状のカレンダー表示車とを備えることを特徴とする時計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面内方向の屈曲振動を利用した圧電アクチュエータ、この圧電アクチュエータを用いた携帯機器および時計に関するものである。

【0002】

【従来の技術】圧電素子は、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換効率や、応答性に優れていることから、近年、圧電素子を圧電効果を利用した各種の圧電アクチュエータが開発されている。この圧電アクチュエータは、カメラのシャッター機構、プリンタのインクジェットヘッド、あるいは超音波モーターなどの分野に応用されている。図16は従来の圧電アクチュエータを用いた超音波モーターを模式的に示す平面図である。この種の超音波モーターは、つつき型と呼ばれるものであって、圧電素子に結合した振動片の先端に、ロータの側面を少し傾斜させて接触させてある。回転の原理は、発振部からの交流電圧によって圧電素子が伸縮し、振動片が長さ方向に往復運動すると、ロータの円周方向に分力が発生してロータが回転するといったものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、圧電素子の変位は印加電圧にもよるが微小であり、数 μm 程度であるのが通常である。このため、なんらかの増幅機構によって変位を増幅してロータに伝達することが望ましい。一方、増幅機構を用いると、それ自身を動かすためにエネルギーが消費され、効率が低下するといった問題がある。また、腕時計やカメラのような小型の携帯機器は電池で駆動するので、駆動電圧を低く抑える必要がある。したがって、そのような携帯機器に圧電アクチュエータを組み込む場合には、特に、駆動電圧を低く抑えることが重要である。

【0004】ところで、腕時計などにおいて日、曜などを表示するカレンダー表示機構では、電磁式のステップモーターの回転駆動力を運針用の輪列を介して日車などにも間欠的に伝達し、日車を送り駆動するのが一般的である。一方、腕時計は手首にベルトを巻き付けて携帯するものであるから、携帯に便利のように薄型化の要求が古くからある。このためには、カレンダー表示機構の厚さを薄くする必要がある。しかし、ステップモーターはコイルやロータといった部品を面外方向に組み込んで構成されるので、その厚さを薄くするには限界がある。このため、ステップモーターを用いた従来のカレンダー表示機構は、構造的に薄型化に向かないといった問題があった。

【0005】特に、カレンダー表示機構のある時計と、

係る表示機構のない時計との間で運針の機械系（いわゆるムーブメント）を共通化するためには、カレンダー表示機構を文字板側に構成する必要があるが、電磁式のステップモータでは文字板側に構成できる程の薄型化が困難である。したがって、従来の時計は、表示機構の有無によって運針の機械系を別々に設計して製造する必要がある、その生産性を向上させる際の問題となっていた。

【0006】また、腕時計のような小型の携帯機器では、使用者が携帯機器を手から落としてしまい、床に携帯機器が叩き付けられるといった落下事故がよく発生する。このため、そのような携帯機器に組み込む圧電アクチュエータは、衝撃力に対して強いものにする必要がある。

【0007】本発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、低い駆動電圧で駆動でき、衝撃力に強く、さらに薄型化に適した圧電アクチュエータを提供することを目的とする。また、他の目的はこれを用いた携帯機器および時計を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る圧電アクチュエータは、面内方向に回転可能に支持された円板状の回転体と、前記回転体の外周面と接触する曲面形状をした端部を有し、この端部が面内方向に変位することにより前記回転体を回転させる板状の可動部と、この可動部に結合され、圧電素子を設けた板状の振動板とを備えることを特徴とする。

【0009】この発明において、可動部の端部と回転体の外周面とは、曲面同士で接触するので、回転体と可動部との位置関係が多少ばらついても接触状態がさほど変化しない。したがって、組立精度の許容範囲を大きくすることができ、さらに、摩耗によって端部がすり減っても良好な接触状態を維持することができる。ここで、前記可動部の端部は、面内方向で曲面形状をしていてもよいし、あるいは面内方向と垂直な方向で曲面形状をしていてもよい。

【0010】また、本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、前記可動部は長手方向に細長い形状をしており、その幅方向の中心を結ぶ中心線を延長した線から前記回転体の回転中心をずらすように前記回転体を配置することが好ましい。この場合には、圧電アクチュエータと回転体の配置に必要な長さを短くすることができ、小型化が容易となる。

【0011】また、本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、回転体は、その外周面にV字状の溝を形成したものであってもよい。この場合には、回転体と可動部との接触状態をより一層良好に保つことができ、それらの間の伝達効率が向上する。また、端部はV溝で支持されるので、大きな衝撃力が可動部に加わったとしても、可動部が回転体からはずれてしまうといったことがなくなる。したがって、衝撃に対して強い圧電アクチュエータ

を構成できる。

【0012】また、本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、前記回転体の外周面の硬度は前記可動部の端部の硬度よりも大きいことが望ましい。この場合には、圧電アクチュエータに衝撃力が加わると、可動部の端部は変形するが回転体の外周面は変形を免れる。したがって、回転体の外周面が変形しそこに可動部の端部が食い込んでしまうといったことがなく、衝撃力に対して強い圧電アクチュエータを構成できる。なお、回転体の外周面には硬化処理が施されていることが好ましい。

【0013】また、本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、前記可動部の端部は、耐摩耗材で形成されていることが望ましい。この場合には端部の摩耗を減らすことができ、接触状態の経時変化を低減することができる。

【0014】また、本発明に係る圧電アクチュエータにおいて、前記回転体の外周面あるいは、前記可動部の端部には、表面を円滑化する円滑化処理が施されていることが望ましい。これにより、回転体と可動部との間で駆動力の伝達効率を高めることができる。

【0015】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、前記可動部を前記回転体に付勢する付勢手段を備えるものであってもよい。この場合には、回転体と可動部の取り付け位置の許容範囲を拡大することができるので、圧電アクチュエータの組立を容易にすることができる。さらに、可動部の端部が摩耗によりすり減っても、良好な接触状態を維持することができる。

【0016】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、前記可動部の、1次の振動モードもしくは高次の振動モードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数の駆動信号を前記圧電素子に供給する駆動手段を備えるものであってもよい。この場合、振動板に設けられた圧電素子には、前記可動部の1次の振動モードもしくは高次の振動モードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数の駆動信号が印加される。このため、可動部は、その1次の振動モードもしくは高次の振動モードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数で振動することになる。構造物は、1次の振動モードもしくは高次の振動モードの周波数で振動するとき、その機械的インピーダンスが極小となり、大きな変位が生じる。したがって、この発明の圧電アクチュエータによれば、低い駆動電圧でも大きな機械的変位を得て前記回転体を駆動することができる。

【0017】本発明に係る携帯機器は、前記圧電アクチュエータと、この圧電アクチュエータに電力を給電する電池とを備えたことを特徴とする。この場合、圧電アクチュエータはエネルギー効率が極めて良いので、長時間の連続使用が可能となる。なお、電池は、乾電池、水銀電池等の一次電池の他に大容量のコンデンサ、リチウムイオン二次電池、Ni-Cd等の蓄電能力のある二次電池であってもよい。

【0018】本発明に係る時計は、前記圧電アクチュエータと、この圧電アクチュエータに電力を給電する電池と、前記回転体と連動する輪列と、この輪列と連動して回転するリング状のカレンダー表示車と備えることを特徴とする。カレンダー表示車としては日車の他に曜車等がある。この圧電アクチュエータは、薄型化に適した構造をしているので、時計全体を薄型化することが可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】〔1.第1実施形態〕以下、図面を参照しつつ、本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータについて説明する。

【0020】〔1-1.全体構成〕図1は、圧電アクチュエータの平面図であり、図2はその側面図である。この圧電アクチュエータAは、図示するように、板状の振動板10、L字型の形状をしたステータ20、およびロータ30から概略構成されており、地板1の上に取り付けられている。

【0021】まず、振動板10は、シム部12に圧電素子11a、11bを上下面に各々張り合わせたサンドイッチ構造をしている。シム部12は、例えば、リン青銅等の薄板で構成され、弾性板として作用する。このようなサンドイッチ構造をとることにより、振動板10の強度を向上させることができる。したがって、この圧電アクチュエータAを駆動装置として用いた時計等の携帯機器にあっては、携帯機器を落下した際に掛かる大きな衝撃に対して耐久性を高めることができる。なお、圧電素子11a、11bの材料としては、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、チタン酸ジルコン酸鉛、亜鉛酸ニオブ酸鉛 ($(\text{Pb}(\text{Zn}1/3\text{-Nb}2/3)\text{O}3\text{-x-Pb Ti O}3\text{-x})$ xは組成により異なる。x=0.09程度)、スカンジウムニオブ酸鉛 ($(\text{Pb}(\text{Sc}1/2\text{Nb}1/2)\text{-x Ti x})\text{O}3$) xは組成により異なる。X=0.09程度)等の各種のものをを用いることができる。

【0022】次に、ステータ20は、長方形の形状をした可動部21、可動部21の幅よりも幅が狭い括れ部22、および、レバー状の形状をしたバネ部23から大略構成されている。可動部21の側面には振動板10が連結されている。このため、振動板10が振動すると、可動部21は図中矢印200の方向に加振され、そこには面内方向(図1において紙面に平行な方向)の屈曲振動が励起される。なお、面内方向の屈曲振動については、後で詳細に説明する。

【0023】また、括れ部22は、可動部21に対して幅が狭くなっているため弾性体として作用する。このため、括れ部22は、可動部21とバネ部23とを弾性的に連結することになる。したがって、可動部21が面内方向に屈曲振動すると、括れ部22は可動部21の振れに応じて自在に変形する。

【0024】また、バネ部23には、括れ部22よりも貫通孔23bが設けられており、そこにはピン24が挿入されている。ピン24は地板1に固着されており、その径は貫通孔23bの径よりも若干小さい。したがって、バネ部23はピン24を中心として面内方向に回転自在に支持されている。バネ部23の先端部23aには、バネ部23の押さえ部材を成すピン25が地板1に固着されている。したがって、バネ部23はピン24を中心として反時計回り方向の力をステータ20にかけている。これにより、可動部21の端部21aは、ロータ30に押しつけられている。すなわち、ピン24はステータ20を回転自在に支持する支持部として機能し、バネ部23はステータ20をロータ30に付勢する手段として機能する。このような付勢手段を用いることによって、部品の寸法や部品の取り付けにあまり高い精度が必要なくなるので、圧電アクチュエータAを簡易に構成することができる。

【0025】次に、ロータ30は、その中心にシャフト31を備えており、シャフト31は、地板1に設けられた軸受け(図示せず)によって軸支されている。したがって、ロータ30は、回転自在に地板1に軸支されている。また、ロータ30は、円柱状の形状をした摺動部30aとその上下面に各々設けられた鈹部30b、30cとを備えている。鈹部30b、30cは、薄い円板で構成されており、摺動部30aの径よりも若干大きな径を有している。端部21aは摺動部30aと接触しており、鈹部30b、30cは、端部21aの押さえ部材として機能する。このため、落下した際に大きな衝撃力が可動部21に加わったとしても、鈹部30b、30cによって端部21aの過大変位および外れが防止されるようになっている。

【0026】〔1-2.ロータと可動部との接触条件〕さてここで、ロータ30と可動部21との接触条件について詳細に説明する。

〔1-2-1.平面的な接触条件〕図3は、ロータ30と可動部21との平面的な接触状態を説明するための拡大平面図である。なお、図3では、鈹部30b、30cを省略してある。この図に示すように、ロータ30と接触する可動部21の端部21aは、平面的にみて曲面の形状をしている。このように端部21aを曲面形状にすると、曲面と曲面との接触となるので、ステータ20とロータ30との位置関係が多少ばらついていても接触状態がさほど変化しない。具体的には、貫通孔23bの径が設計値よりも大きかったり、あるいは、ロータ30の軸受けに遊びがある場合などである。

【0027】また、この例にあっては、図に示すように接触点Pを通る法線J1と可動部21の中心線J2とはある角度 θa をなしている。すなわち、中心線J2を延長した線からロータ30の回転中心をずらすようにロータ30を配置する。この場合には、 $\theta a=0$ の場合(中

心線J 2上にロータ30の回転中心がある場合)と比較して、ロータ30を括れ部22より配置することになる。したがって、圧電アクチュエータAとロータ30の配置に必要な長さLを短くして、小型化することができる。また、端部21aの曲面は、ロータ30と端部21aが接触し易いように設定される。このため、端部21aの曲率半径は回転の中心であるピン24から接触点までの距離となる。ただし、ロータ30と端部21aとはある範囲で接触すればよいので、その許容範囲内で曲率半径を小さくしてもよい。

【0028】[1-2-2.断面的な接触条件]次に、図4はロータ30と可動部21との断面的な接触状態を説明するための断面図である。図4(a)に示すように可動部21の端部21aは断面的に見て曲面形状をしている。また、端部21aには、その下側に突起部21a'が形成されている。なお、突起部21a'は、後述するようにステータ20を型抜きによって製造する際に形成される。このように、端部21aを断面的に見て曲面形状を成すように構成したので、可動部21とロータ30との接触角度に多少ばらつきがあったとしても、良好な接触状態を維持することができる。一方、図4(b)に示すように、端部21aを断面的に見て直線形状にすると、接触角度がわずかにばらついただけで接触状態が大きく変化してしまう。接触状態の変化はトルクむらの原因となり好ましくない。ここで、接触角度を一定に保つために、可動部21を案内するガイド部材を設けることも考えられるが、そのような構成では部品数の増加を招き、圧電アクチュエータAのコストが増加してしまう。したがって、端部21aの断面形状を曲線となるように構成することによって、部品取り付けの許容範囲を広げることができるとともに、圧電アクチュエータAのコストを低減することができる。

【0029】[1-2-3.硬度に関する接触条件]次に、硬度に関する接触条件について説明する。まず、ロータ30の摺動部30aの硬度は、ステータ20の端部21aの硬度よりも大きく(硬く)なっている。これは、圧電アクチュエータAに衝撃力が加った場合に、ロータ30を変形させないためである。仮に、端部21aの硬度が摺動部30aの硬度よりも大きいとすると、端部21aがロータ30に大きな力でぶつかった時、摺動部30aが変形してしまう。この場合、摺動部30aには変形の仕方は、衝撃力の大きさ向きにもよるが、凹部ができることが多い。そして、この凹部に端部21aが食い込んでしまうと、端部21aの動きが止まってしまう。

【0030】一方、摺動部30aの硬度を端部21aの硬度よりも大きくすると、逆に端部21aの方が変形する。しかしながら、端部21aが変形しても動作が停止してしまうといったことはない。また、変形によって端部21aに凹部と凸部が生じても、動作が継続される限

り端部21aは摺動部30aを叩くように振動するので、凸部は次第に摩耗しついに消失する。また、凹部が形成されたとしても、端部21aはバネ部23によってロータ30に付勢されているから、凹部ができたことによって端部21aと摺動部30aが接触できなくなるといったことはない。以上の理由から、この例にあっては、摺動部30aの硬度を端部21aの硬度よりも大きくしている。

【0031】ここで、大きな硬度を得るために、例えば、超鋼、ルビー、鉄、セラミック(酸化アルミ、窒化珪素)、あるいはジュラルミンを摺動部30aの材料として用いてもよい。また、摺動部30aの外周面に硬化処理を施すようにしてもよい。硬化処理の種類としては各種のものを用いることができるが、例えば、DLC(Diamond Like Carbon)処理、窒化チタン処理、アルマイト処理(摺動部30aの材質がアルミを含む場合)、無電解ニッケルメッキ処理、クロムメッキ処理、あるいはセラミック溶射等を用いてもよい。

【0032】一方、端部21aの硬度は摺動部30aの硬度よりも小さいが、例えば、ポリイミド樹脂、フッ化樹脂(テフロン、PTFE)、あるいはナイロンといった耐摩耗性素材を用いることが好ましい。この場合には端部21aの摩耗を減らすことができ、接触状態の経時変化を低減することができる。

【0033】[1-2-4.表面粗さに関する接触条件]次に、表面粗さに関する接触条件について説明する。図5は、ステータ20の端部21aまたはロータ30の摺動部30aの表面粗さと、ロータ30を駆動するために最低必要な圧電素子11a、11bに印可する駆動信号Vの最低電圧との関係を示すグラフである。この図に示すように表面粗さが $10\mu\text{m}$ を越えると、駆動信号Vの最低電圧が急激に上昇する。これは、表面が滑らかでないでと駆動力の伝達効率下がることを意味する。腕時計のように電池で駆動する携帯機器にあっては、低い電源電圧によって装置全体を動作させる必要があるため、この圧電アクチュエータAをこのような携帯機器に組み込んで使用する場合には、特に、駆動信号Vの電圧に配慮する必要がある。そこで、本実施形態にあっては、端部21aまたは摺動部30aの接触面を円滑化する処理を施している。端部21aまたは摺動部30aを円滑化する処理としては、研磨処理がある。具体的には、電解液中に金属を陽極として浸して電圧を印加する電解研磨、研磨材と部品とを容器に入れこれを攪拌することによって研磨するバレル研磨、あるいは、回転する2本の円柱状の砥石の間に部品を置いて部品を回転させながら研磨するセンタレス研磨等がある。

【0034】[1-3.ステータの製造方法]次に、ステータ20の製造方法について説明する。この例のステータ20は特殊なプレス加工方法によって製造される。図6は、ステータ20のプレス加工の様子を示す図であ

る。この図に示すように、ステータ20の端部21aを形成する際には、まず、上面がある角度で傾斜した下型Qの上にステータ20の半製品20'を置く、次に、その上から上型Rを押し下げることによって半製品20'に端部21aを形成している。

【0035】ここで、端部21aの平面的な曲線形状は、それに合わせた上型Qと下型Rを用いることによって形成される。一方、端部21aの断面的な曲線形状は、セン断の際に生じる「だれ」を利用している。「だれ」は型の刃先が材料に割れが入るまで材料に食い込むことによって生じ、クリアランスが大きい、材料の粘性が大きいといった場合に大きくなる。この例では、下型Rの上面に傾斜を持たせてあるので、半製品20'は厚さ方向に対して斜めにセン断されることになる。これに、「だれ」が加わることで、端部21aの断面的な曲線形状が形成される。この例では所望の曲面が得られるようにクリアランス、下型Rの傾斜角等を調整している。この製造方法によれば、端部21aの曲面形状を得るために、研磨する工程を省略できるので、簡単にステータ20を製造することができる。

【0036】[1-4.駆動回路]次に、駆動回路100について説明する。図7は駆動回路100と圧電素子11a、11bとの接続状態を示す図である。図に示すようにシム部12は圧電素子11a、11bの共通電極として作用し、そこには駆動回路100から接地電位GNDが給電され、圧電素子11aおよび圧電素子11bには駆動信号Vが給電されるようになっている。一般に、圧電素子に印加する電界の方向と変位方向（歪み方向）とが一致する場合を縦効果、電界の方向と変位方向とが直交する場合を横効果というが、この例では横効果を利用して振動板10を振動させている。圧電素子11aと圧電素子11bとの分極方向は、図中の矢印で示すように両者が逆向きになるように設定する。このため、駆動信号Vが印加されると、一方の圧電素子が長手方向に伸びたとき、他方の圧電素子も長手方向に伸びる。圧電素子11a、11b各々に電圧が加わるため駆動回路の電圧を有効に使用できる。この図に示す結線はパラレル接続と呼ばれる。パラレル接続では、低電圧駆動で大きな変位を得ることができる。このため、時計など電池で駆動させる携帯機器への応用に適している。

【0037】駆動回路100としては、他励式のものと自励式のものがある。まず、図8(a)に他励式の駆動回路のブロック図を示す。他励式のものは、発振回路101から出力される発振信号を周波数変換回路102で所望の発振周波数に変換して駆動信号Vを生成する。この場合、発振回路101を指針を駆動するための時計回路における水晶発振回路と兼用し、また、周波数変換回路102に分周回路を用いることにより、構成を簡易にすることができる。次に、図8(b)に自励式の駆動回路のブロック図を示す。同図に示す自励式のものは、コ

ルピッツ型の発振回路103に対してフィルタ104を設け、所定の周波数の信号のみを正帰還させることにより圧電素子11a、11bに駆動信号Vを印加する。

【0038】さてここで、駆動信号Vの周波数と可動部21の構造との関係について説明する。ステータ30を剛体として考えると、図9(a)に示すようにステータ20は括れ部22を中心として変位する。この場合、振動板10が変位すると、端部13の変位が括れ部22を中心として、この原理によって増幅され、可動端21に伝達される。しかし、ステータ20は、いわゆる片持ち張り構造をしているため、支持部となる括れ部22に大きな応力が掛かり、応力が括れ部22から逃げてエネルギー損失が大きくなる。このため、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換効率が低下するといった問題がある。

【0039】ところで、機械的な構造物に対して力一定の条件で、加振周波数を徐々に大きくしてゆくと、ある周波数で構造物の振幅は極大値を取り、その後極小値を取るといった応答を繰り返す。すなわち、振幅が極大となる周波数は複数存在し、この各々の極大に対応する各周波数を一括して固有振動周波数という。そして、最も低い固有振動周波数に対応する振動の態様を1次の振動モード、その次に低い固有振動周波数に対応する振動の態様を2次の振動モード、…という。構造物は、これらの振動モードの固有振動周波数で振動する時、その機械的インピーダンスが極小となり、小さな駆動力で容易に大きな変位が得られることが知られている。

【0040】本実施形態に用いられる圧電アクチュエータAは、この点に着目して構成されたものであり、可動部21の1次の振動モードもしくは高次の振動モードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数で可動部21を加振する。図9(b)は、可動部21の1次の振動モードにおける変位を模式的に示したものであり、図9(c)は可動部21の2次の振動モードにおける変位を模式的に示したものである。図9(b)、(c)に示すように、可動部21は面内で屈曲しながら振動する。

【0041】ここで、可動部をn次の振動モードで振動させるものとすれば、駆動信号Vの周波数をn次のモードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数になるように設定する。この圧電アクチュエータAによれば、可動部21の機械的インピーダンスが極小となるので、小さな駆動力で容易に大きな変位が得られる。可動部21の減衰係数にもよるが、一般に可動部21を剛体として捉え、その固有振動周波数を考慮することなく加振した場合と比して、数倍から数千倍の変位を得ることができる。

【0042】[1-5.圧電アクチュエータの動作]図1において、圧電素子11a(11b)に駆動信号Vが印加されると、振動板10は長手方向に振動する。すると、振動板10は可動部21を矢印200の方向に押し、可動部21に面内方向の屈曲振動が励起される。こ

ここで、駆動信号Vは可動部21のn次の振動モードの固有振動周波数にほぼ等しい周波数を有する。したがって、可動部21にはn次の振動モードが励起される。例えば、 $n=2$ であるならば、図9(c)に示すように2次の振動モードで可動部21は屈曲振動する。

【0043】可動部21の端部21aは、バネ部23の反力によってロータ30に付勢されているから、端部21aが面内方向に屈曲振動すると、ロータ30の摺動部30aは、端部21aによって叩かれる。これにより、ロータ30に周方向の力が加わり、ロータ30は時計回り方向に回転する。

【0044】[1-6.第1実施形態の変形例]

【1-6-1.ロータの形状に関する変形例】上述した例では、ロータ30の摺動部30aは円柱状の形状をしていたが、このロータ30の替わりに図10に示すロータ32を用いてもよい。図10(a)は、ロータ32と可動部21の平面図であり、図10(b)はその側面図である。図示するように、ロータ32は、円板状の形状をしており、その外周面にV溝が形成されている。この場合、可動部21の端部21aは、V溝を形成する第1の溝面32aと第2の溝面32bとに接触する。このため、可動部21はV溝の中心に自動的に調整され、接触状態を良好に保つことができ、可動部21とロータ32との間の伝達効率が増加する。また、端部21aは、第1および第2の溝面32a、32bで支持されるので、落下した際に大きな衝撃力が可動部21に加わったとしても、可動部21がロータ32からはずれまいとすることがなくなる。したがって、この例では鋸部30b、30cのような特別の押さえ部材は不要である。

【0045】[1-6-2.振動板とステータの連結に関する変形例]図11は、変形例に係る圧電アクチュエータの平面図であり、図12はその断面図である。この圧電アクチュエータは、振動板10とステータ20とを括れ部13によって連結している。括れ部13は、シム部12の一部として形成されており、その幅が振動板10の幅よりも狭くなっている。このため、括れ部13は弾性体として作用する。

【0046】このように、括れ部13を介して振動板10とステータ20とを連結したのは、以下の理由による。すなわち、ステータ20の可動部21は面内方向に屈曲振動するため、振動板10は可動部21の屈曲振動に伴って、面内方向の力が掛かり、図11に示す矢印201の方向に振られてしまう。一方、振動板10は長手方向に振動しているが、矢印201の方向に振られることによって、全体の重心がずれてしまう。このため、固定部にかかる力が増し、損失が増加する。そこで、この例にあつては、振動板10と可動部21との間に、弾性体として作用する括れ部13を設けることによって、可動部21によって振動板10が振られて全体の重心がずれるのを防いでいる。

【0047】[1-6-3.可動部の形状に関する変形例]第一の実施形態では可動部21は振動板10とほぼ等しい大きさであったが、図17の21'に示すように可動部21と振動板10の大きさは異なっても良い。図17は、このような変形例に係る圧電アクチュエータの平面図であり、図18はそのロータ30と可動部21との断面的な接触状態を説明するための断面図である。

【0048】図17および図18において、可動部21'、括れ部22'、ばね部23'、支持端23c'は、振動板10のシム部12と一体で構成されている。支持端23c'には貫通孔23b'が形成されており、貫通孔23b'にはピン24が挿入されている。ピン24は不図示の地板に固着されており、その径は貫通孔23b'よりも若干小さい。従って支持端23c'は、ピン24を中心として面内方向に回転自在に支持されている。

【0049】一方、ばね部23'の先端23a'には、ばね部23'の押さえ部材をなすピン25が不図示の地板に固着されている。従ってばね部23'は、ピン24を中心として、反時計回り方向の力を振動板10にかけている。これにより可動部21'の端部21aは、ロータ30に押し付けられている。すなわちピン24はステータ20'を回転自在に支持する支持部として機能し、ばね部23'はステータ20'をロータ30に付勢する手段として機能する。

【0050】また、可動部21'の端部21aの断面形状は図4(a)に示す様に曲面形状をしているので、可動部21'とロータ30の接触角度に多少のバラツキがあつたとしても良好な接触状態を維持することができる。

【0051】このような構成とすることにより、可動部21'の質量を小さくできるので、落下等により衝撃が加わったとしても、発生する衝撃力を小さくすることができ、圧電アクチュエータおよびロータの破損を防ぐことができる。

【0052】[2.第2実施形態]次に、第2実施形態は、第1実施形態で説明した圧電アクチュエータを組み込んだ時計に関するものである。[2-1.全体構成]図13は、本発明の第2実施形態に係る時計において、圧電アクチュエータを組み込んだカレンダー表示機構の主要構成を示す平面図である。この例の圧電アクチュエータAは、ロータ30の上面にロータ30に同心を成すように固着され外周面に歯が形成された小径部3aを備える点を除いて、第1実施形態で説明したものと同様に構成されている。

【0053】次に、カレンダー表示機構は、圧電アクチュエータAと連結しており、その駆動力によって駆動される。カレンダー表示機構の主要部は、ロータ30の回転を減速する減速輪列とリング状の日車50から大略構成されている。また、減速輪列は日回し中間車40と日

日回し車60とを備えている。

【0054】ここで、ステータ20は、静止状態において適度な加圧力でロータ30に押しつけられている。したがって、ステータ20が面内方向に屈曲振動すると、端部21aが矢印方向Xに振動し、ロータ30が時計回り方向に回転する。ロータ30の回転は、日回し中間車40を介して日回し車60に伝達され、この日回し車60が日車50を時計回り方向に回転させる。このように、ステータ20からロータ30、ロータ30から減速輪列、減速輪列から日車50への力の伝達は、いずれも面内方向で行われる。このため、カレンダー表示機構を薄型化することができる。

【0055】図14は本発明の第2実施形態に係る時計の断面図である。図において、斜線部分に、上述した圧電アクチュエータAを備えたカレンダー機構が組み込まれており、その厚さは0.5mm程度と極めて薄い。カレンダー表示機構の上側には、円盤状の文字板70が設けられている。この文字板70の外周部の一部には日付を表示するための窓部71が設けられており、窓部71から日車50の日付が覗けるようになっている。また、文字板70の下側には、針72を駆動するムーブメント73、および駆動回路100（図示せず）が設けられている。

【0056】以上の構成において、圧電アクチュエータAは、従来のステップモータのようにコイルやロータを面外方向に積み重ねるのではなく、同一平面内に振動板10、ステータ20およびロータ30を配置した構成となっている。このため、構造的に薄型化に適している。このため、カレンダー表示機構を薄型化することができ、ひいては時計全体の厚さを薄くすることができる。さらに、カレンダー表示機構のある時計と、係る表示機構のない時計との間でムーブメント73を共通化することができ、生産性を向上させることができる。

【0057】〔2-2.カレンダー表示機構〕

〔2-2-1.カレンダー表示機構の構成〕次に、カレンダー表示機構の構成を、図13およびその断面図である図15を参照しつつ説明する。図において、地板1は、各部品を配置するための第1の底板であり、また、地板1'は、地板1に対して部分的に段差を持った第2の底板である。日回し中間車40は、大径部4bとこれと同心を成すように固着され大径部4bよりも若干小径に形成された小径部4aとから構成されている。小径部4aの周面は略正方形に切り欠かれ、切欠部4cが形成されている。また、地板1'には軸受け4dが形成されており、日回し中間車40のシャフト41が軸支されている。したがって、日回し中間車40は、地板1'に対して回転自在に設けられている。

【0058】次に、日車50は、リング状の形状をしており、その内周面に内歯車5aが形成されている。日回し車60は五歯の歯車を有しており、内歯車5aに噛合

している。また、日回し車60の中心にはシャフト61が設けられており、日回し車60を回転自在に軸支している。シャフト61は、地板1'に形成された貫通孔62に遊挿されている。貫通孔62は日車50の周回方向に沿って長く形成されている。

【0059】次に、板バネ63は、その一端は地板1'に固定され、他端はシャフト61に固定されている。これにより、板バネ63は、シャフト61および日回し車60を時計回り方向に付勢する。また、この板バネ63の付勢作用によって日車50の揺動も防止される。

【0060】次に、板バネ64は、一端が地板1'にねじ止めされており、その他端には略V字状に折り曲げられた先端部64aが形成されている。また、接触子65は、日回し中間車40が回転し先端部64aが切欠部4cに入り込んだときに板バネ64と接触するように配置されている。板バネ64には所定の電圧が印加されており、接触子65に接触すると、その電圧が接触子65にも印加される。したがって、接触子65の電圧を検出することによって、日送り状態を検出することができる。なお、内歯車5aに噛合する手動駆動車を設け、ユーザが龍頭（図示せず）に対して所定の操作を行うと、日車50を駆動するようにしてもよい。

【0061】〔1-3-2.カレンダー表示機構の動作〕カレンダーの自動更新動作について図13を参照しつつ説明する。各日において午前0時になると、午前0時になったことが検出され、駆動回路100から駆動信号Vが圧電素子11a、11bに供給される。すると、ステータ20の端部21aが面内方向に屈曲振動する。これにより、ロータ30が時計回り方向に回転すると、日回し中間車40が反時計回り方向に回転を開始する。

【0062】ここで、駆動回路100は、板バネ64と接触子65が接触した時に駆動信号Vの供給を終了するように構成されている。板バネ64と接触子65とが接触する状態では先端部64aが切欠部4cに入り込んでいる。したがって、日回し中間車40は、そのような状態から回転を開始する。

【0063】日回し車60は板バネ63によって時計回り方向に付勢されているため、小径部4aは日回し車60の歯6a、6bに摺動しつつ回転することになる。その途中で切欠部4cが日回し車60の歯6aの位置に達すると、歯6aが切欠部4cと噛合する。その際、日回し車60の外接円はC1に示す位置にまで移動している。

【0064】次に、日回し中間車40が引き続き反時計回り方向に回転すると、日回し車60は日回し中間車40に連動して1歯分、すなわち「1/5」周だけ時計回り方向に回転する。さらに、これに連動して、日車50が時計回り方向に1歯分（1日分の日付範囲に相当する）だけ回転される。

【0065】そして、日回し中間車40が引き続き反時

計回り方向に回転して、切欠部4cが板バネ64の先端部64aの位置に達すると、先端部64aが切欠部4cに入り込む。すると、板バネ64と接触子65とが接触して、駆動信号Vの供給が終了し、日回し中間車40の回転が停止する。したがって、日回し中間車40は、1日に1回転することになる。なお、月内の日数が「31」に満たない月の最終日においては、上記動作が複数回繰返され、暦に基づく正しい日が日車50によって表示されることになる。

【0066】ところで、圧電アクチュエータA1の負荷は、1)板バネ64の先端部64aが切欠部4cに入り込んだ状態から抜け出るまでの第1の期間と(回転の開始時)、2)切欠部4cが日回し車60と噛合して日車50を回転させている第2の期間において、増大する。圧電アクチュエータA1の負荷が増大すると消費電流が増え、電源電圧が低下する。電源電圧が大幅に低下すると他の回路に影響を及ぼし、最悪の場合には、時分針を駆動することができなくなる。しかしながら、この例の機構系では、第1の期間と第2の期間とが重ならないようになっている。すなわち、日送り状態の検出のために必要とされる最大トルク時と、日車50を駆動するために必要とされる最大トルク時とをずらしている。したがって、圧電アクチュエータAのピーク電流を抑圧することができ、この結果、電源電圧をある電圧値以上に維持して、確実に時計を動作させることができる。

【0067】〔3.変形例〕

(1) 上述した各実施形態において、振動次数は一次および二次を主として説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、さらに高次の振動であってもよいことは、勿論である。

【0068】(2) 上述した各実施形態において、シム部12とステータ20とは、一枚の板状部材で形成するとともに、シム部12に薄板状の圧電素子11を設けることによって振動板10を構成するようにしてもよい。この場合には、圧電アクチュエータの主要部を二つの部品から構成することができるので、構成を非常に簡易にすることができる。

【0069】(3) 上述した各実施形態は、カレンダー表示機構の日車50を回転させるものであったが、圧電アクチュエータによって、曜車を回転させてもよい。また、腕時計のカレンダー表示機構だけでなく、時刻、月、年、月齢、太陽位置、さらには、水深、気圧、温度、湿度、方位、速度などを表示する装置の駆動装置として利用することができる。さらには、表示装置以外の各種の駆動装置として利用できることは勿論である。例えば、絵本やカードの中に組み込むからくりの駆動装置としても応用することができる。また、特に、圧電アクチュエータは、低い駆動電圧で駆動することが可能なので、電池で駆動する携帯機器に好適である。なお、電池は、乾電池、銀電池等の一次電池の他に、コンデンサ、リチウム

イオン二次電池、Ni-Cd等の蓄電能力のある二次電池であってもよい。

【0070】(4) 上述した第1実施形態の各変形例で説明した圧電アクチュエータを第2実施形態で説明した時計のカレンダー表示機構で用いてもよいことは勿論である。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように本発明の発明特定事項によれば、可動部と回転体とは曲面同士で接触するので、圧電アクチュエータの粗立精度を緩和することができる。また、回転体を可動部よりも硬くするので、衝撃力に強い圧電アクチュエータを提供できる。また、可動部を固有振動周波数の自然数倍の周波数で振動させることができるので、可動部の機械的なエネルギー損失を低減させることができ、高いエネルギー効率の下に、大きな変位を可動端から取り出すことができる。また、この発明の圧電アクチュエータは、薄型化に適しており、しかも簡単に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る圧電アクチュエータの平面図である。

【図2】 同実施形態に係る圧電アクチュエータの側面図である。

【図3】 同実施形態に係るロータと可動部との平面的な接触状態を説明するための拡大平面図である。

【図4】 同実施形態に係るロータと可動部との平面的な接触状態を説明するための拡大平面図である。

【図5】 同実施形態に係るステータの端部またはロータの摺動部30aの表面粗さと、最低駆動電圧との関係を示すグラフである。

【図6】 同実施形態に係るステータのプレス加工の様子を示す図である。

【図7】 同実施形態に係る駆動回路と圧電素子との接続状態を示す図である。

【図8】 (a)は同実施形態の駆動回路を他励式で構成した場合のブロック図であり、(b)は駆動回路を自励式で構成した場合の回路図である。

【図9】 (a)は可動部を剛体として考えたときの振動を示す平面図であり、(b)は可動部の一次振動を示す平面図であり、(c)は可動部の二次振動を示す平面図である。

【図10】 (a)は同実施形態の変形例に係るロータと可動部の平面図であり、(b)はその側面図である。

【図11】 同実施形態の変形例に係る圧電アクチュエータの平面図である。

【図12】 同実施形態の変形例に係る圧電アクチュエータの断面図である。

【図13】 本発明の第2実施形態に係る時計において、カレンダー表示機構の主要構成を示す透過平面図である。

【図14】 同実施形態に係る時計の断面図である。

【図15】 同実施形態の第6の態様に係る圧電アクチュエータA6の構成例を示す斜視図である。

【図16】 従来の圧電アクチュエータを用いた超音波モーターを模式的に示す平面図である。

【図17】 本発明の第1実施形態の変形例に係る圧電アクチュエータの平面図である。

【図18】 本発明の第1実施形態の変形例に係る圧電アクチュエータの断面図である。

【符号の説明】

10…振動板

11a, 11b…圧電素子

30, 32…ロータ（回転体）

20…ステータ（板部）

21…可動部

21a…端部

23…バネ部（付勢手段）

40…日回し中間車（輪列）

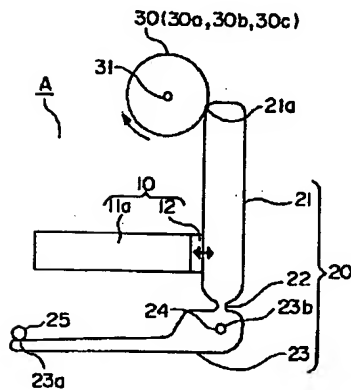
50…日車（カレンダー表示車）

60…日回し車（輪列）

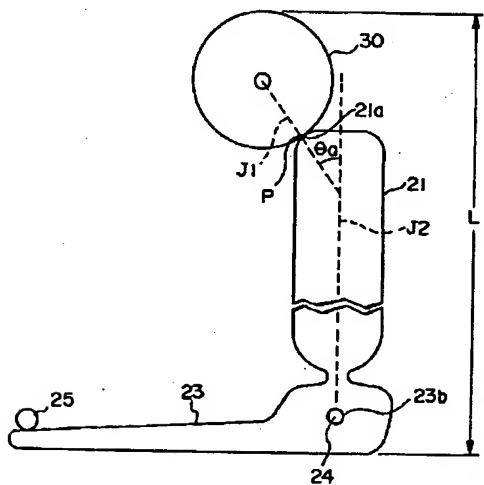
100…駆動回路（駆動手段）

A…圧電アクチュエータ

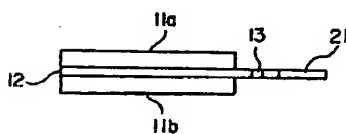
【図1】



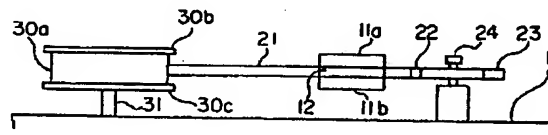
【図3】



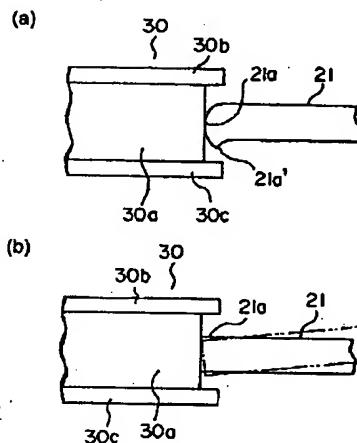
【図12】



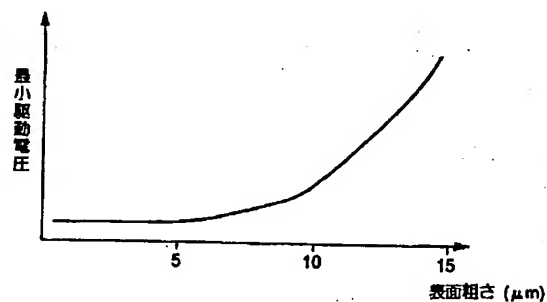
【図2】



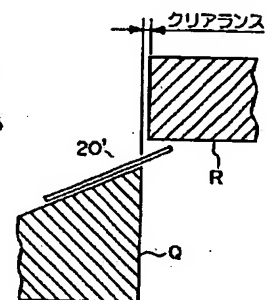
【図4】



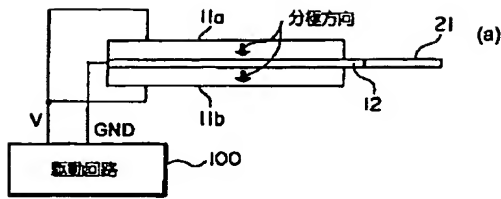
【図5】



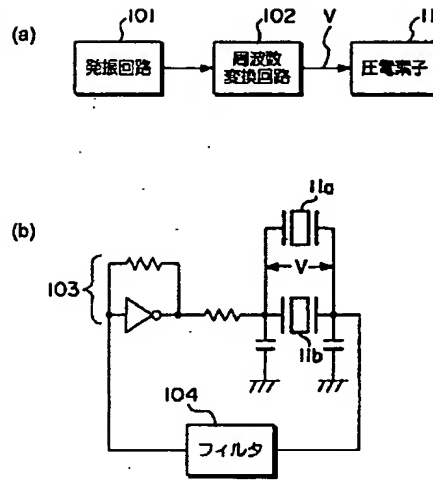
【図6】



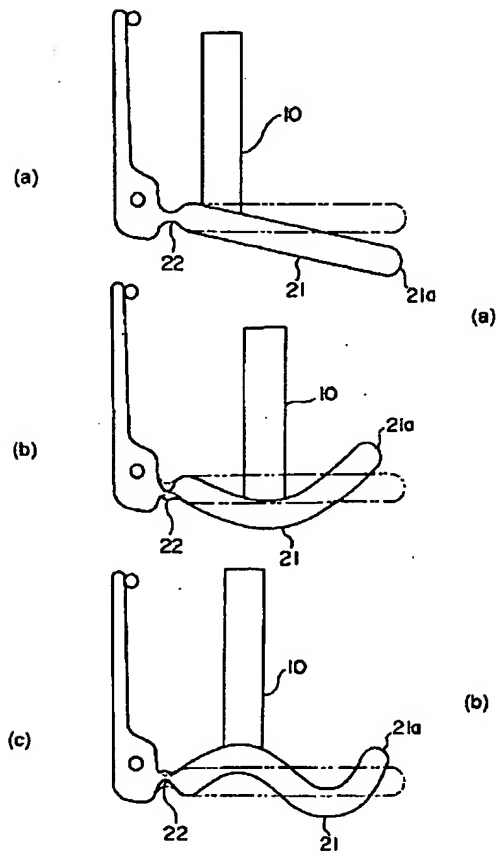
【図7】



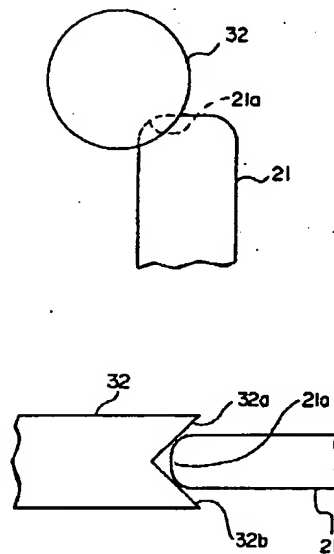
【図8】



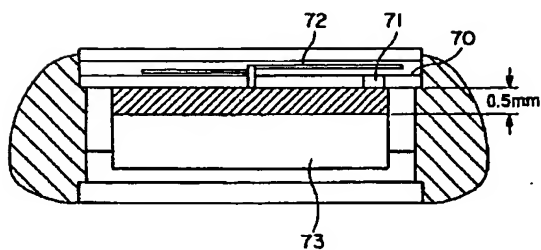
【図9】



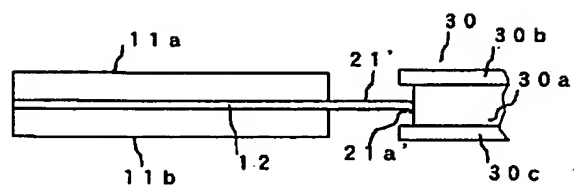
【図10】



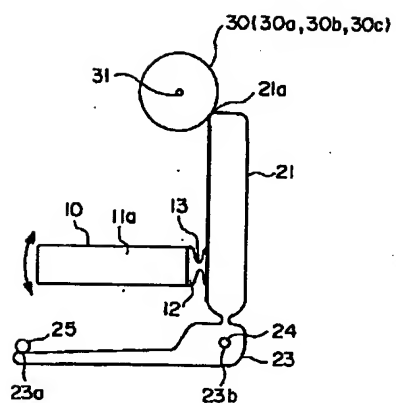
【図14】



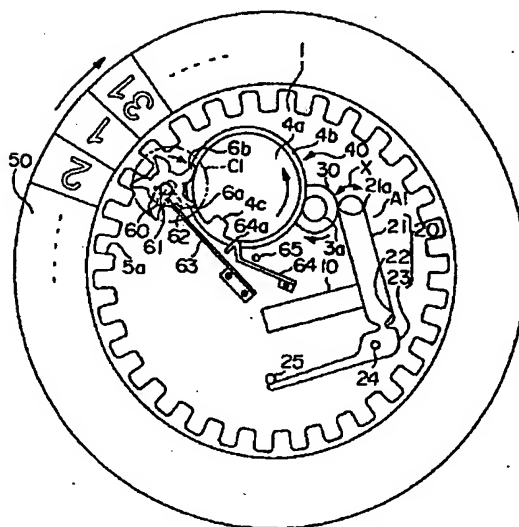
【図18】



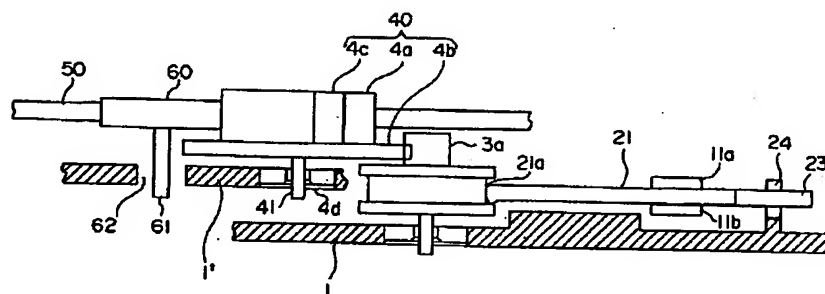
【图 1 1】



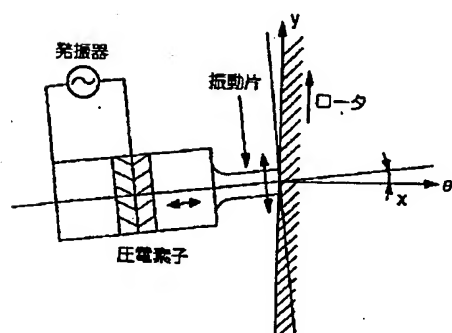
【图13】



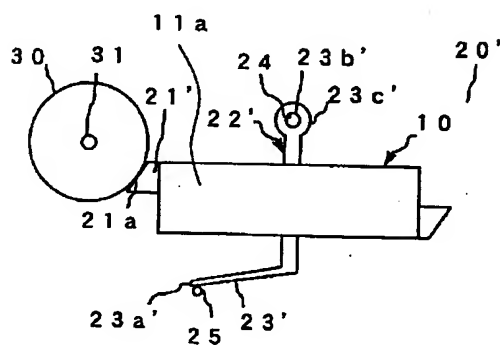
【図15】



【图 16】



【图17】



フロントページの続き

(72)発明者 船坂 司

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内

(72)発明者 古畑 誠

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)